



Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Profesor : Jorge Romo
Auxiliar : Eduardo Zamora
ezamora@ing.uchile.cl
Fecha : 04 de Mayo de 2010

EL42C – Conversión Electromecánica de la Energía

Auxiliar 1: Solución Problemas 2 y 3

Problema 2

b) Se tiene el siguiente SEP monofásico (unifaseal)

Zona 1	Zona 2	Zona 3
$S_B = 100 \text{ MVA}$	$S_B = 100 \text{ MVA}$	$S_B = 100 \text{ MVA}$
$V_{B1} = 12 \text{ kV}$	$V_{B2} = 500 \text{ kV}$	$V_{B3} = 8 \text{ kV}$
$Z_{B1} = 1,44 \Omega$ (0.1)	$Z_{B2} = 2500 \Omega$ (0.1)	$Z_{B3} = 0,64 \Omega$ (0.1)

a) Transformador 1.

$$r_1 = 0,0251 \Omega_{BT} = \frac{0,0251}{1,44} \% = 0,01743 \%$$

$$x_1 = 0,099 \Omega_{BT} = \frac{0,099}{1,44} \% = 0,06875 \%$$

$$r_{Fe} = 73,6128 \Omega_{BT} = \frac{73,6128}{1,44} \% = 51,12 \%$$

$$x_m = 8,352 \Omega_{BT} = \frac{8,352}{1,44} \% = 5,8 \%$$

$$r_2 = 43,6 \Omega_{AT} = \frac{43,6}{2500} \% = 0,01744 \%$$

$$x_2 = 171,875 \Omega_{AT} = \frac{171,875}{2500} \% = 0,06875 \%$$

• Línea 1

$$Z_{L1} = 20 \angle 30^\circ \Omega = \frac{20 \angle 30^\circ}{2500} \% = 0,008 \angle 30^\circ \%$$

• Consumo 1 : 50 MVA $\cos \phi = 0,8$ adelanto $\Rightarrow \phi = -36,87^\circ$

$$S_1 = 50 \angle -36,87^\circ \text{ MVA} = 0,5 \angle -36,87^\circ \%$$

• Línea 2

$$Z_{L2} = 30 \angle 45^\circ \Omega = \frac{30 \angle 45^\circ}{2500} \% = 0,012 \angle 45^\circ \%$$

• Transformador 2

prueba de circuito abierto : $V_{nom} = 8 \text{ kV}$ $P_o = 85,33 \text{ kW}$ $I_o = 100,443 \text{ A}$

$$r_{Fe} = \frac{V_{nom}^2}{P_o} \Omega_{BT} = \frac{8000^2}{85330} = 750,0293 \Omega_{BT} \quad / : 0,64 \Omega$$

$$= 1171,9208 \%$$

$$X_m = \frac{V_{nom}^2}{\sqrt{V_{nom}^2 I_o^2 - P_o^2}} \Omega_{BT} = 80,1001 \Omega_{BT} \quad / : 0,64 \Omega$$

$$= 125,1564 \%$$

prueba de corto circuito : $I_{nom} = 40 \text{ A}$ $P_{cc} = 675 \text{ kW}$ $V_{red} = 43,414 \text{ kV}$

$$r_1 + r_2' = \frac{P_{cc}}{I_{nom}^2} \Omega_{AT} = 421,875 \Omega_{AT} \quad / : 2500 \Omega$$

$$= 0,16875 \%$$

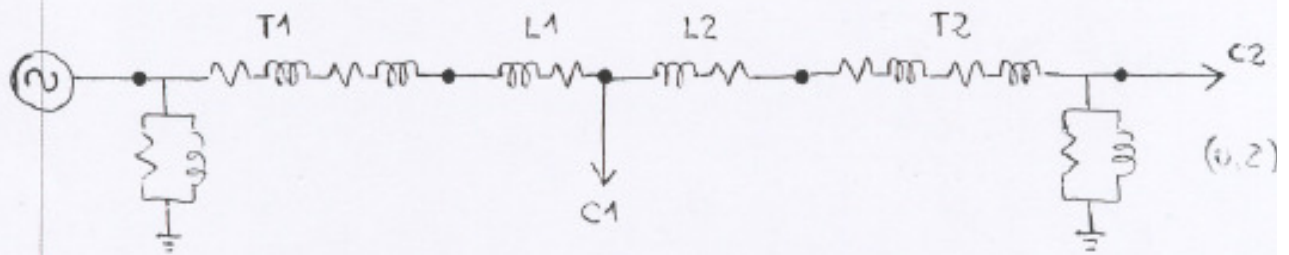
$$X_1 + X_2' = \frac{\sqrt{V_{red}^2 I_{nom}^2 - P_{cc}^2}}{I_{nom}^2} \Omega_{AT} = 1000,0031 \Omega_{AT} \quad / : 2500$$

$$= 0,4000 \%$$

• Consumo 2 : 15 MVA $\cos \phi = 0,9$ atraso $\Rightarrow \phi = 25,84^\circ$

$$S_2 = 15 \angle 25,84^\circ \text{ MVA} = 0,15 \angle 25,84^\circ \%$$

© El sistema en [0/1] queda:



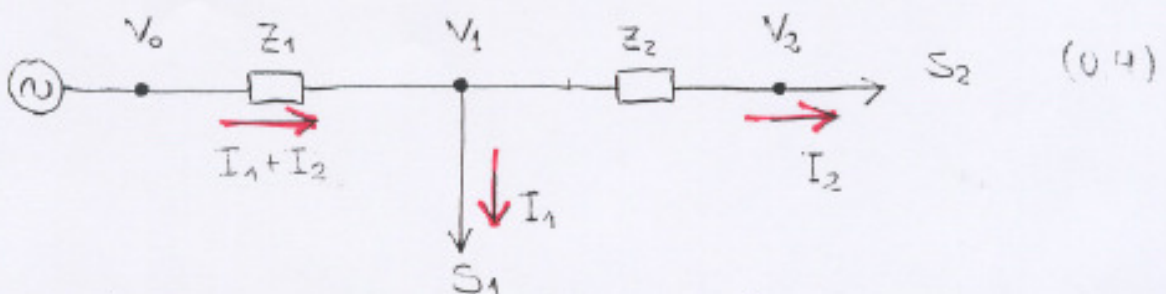
Despreciaremos las ramas shunt de los transformadores, pues son al menos 2 órdenes de magnitud mayores que las ramas serie.

$$\begin{aligned} * Z_1 &\equiv Z_{T1 \text{ serie}} + Z_{L1} = 0,01743 + 0,01744 + j0,06875 + j0,06875 \\ &\quad + 0,008 \angle 30^\circ \\ Z_1 &= 0,0418 + j0,1415 \quad \%_1 \quad (0.2) \\ &= 0,147544 \angle 73,54^\circ \quad \%_1 \end{aligned}$$

$$Z_2 \equiv Z_{L2} + Z_{T2 \text{ serie}} = (0,012 \angle 45^\circ) + 0,16875 + j0,4$$

$$\begin{aligned} Z_2 &= 0,1772 + j0,4085 \quad \%_1 \quad (0.2) \\ &= 0,445278 \angle 66,54^\circ \quad \%_1 \end{aligned}$$

Luego



Queremos tensión nominal en C2.

$$\begin{aligned} (0.4) \quad \dot{V}_2 &= 1 \angle 0^\circ \quad (0.2) \Rightarrow \dot{I}_2 = \left(\frac{S_2}{\dot{V}_2} \right)^* = \left(\frac{0,15 \angle 25,84^\circ}{1 \angle 0^\circ} \right)^* = 0,15 \angle -25,8^\circ \end{aligned}$$

$$\Rightarrow V_1 = V_2 + I_2 Z_2 = 1 \angle 0^\circ + (0,15 \angle -25,84^\circ) \cdot (0,445278 \angle 66,54^\circ)$$

$$\dot{V}_1 = 1,051539 \angle 2,37^\circ \text{ pu} \quad (0,2)$$

$$I_1 = \left(\frac{S_1}{\dot{V}_1} \right)^* = \left(\frac{0,5 \angle -36,87^\circ}{1,051539 \angle 2,37^\circ} \right)^* = 0,475494 \angle 39,24^\circ \text{ pu} \quad (0,3)$$

$$I_1 + I_2 = 0,555608 \angle 25,07^\circ \text{ pu} \quad (0,2)$$

$$\dot{V}_0 = V_1 + (I_1 + I_2) Z_1 = 1,045808 \angle 6,84^\circ \text{ pu} \quad (0,3)$$

En valores físicos, se tiene que el generador debe estar a:

$$\dot{V}_0 = 12 \text{ kV} \cdot (1,045808 \angle 6,84^\circ)$$

$$= 12,549696 \angle 6,84^\circ \text{ kV} \quad (0,3)$$

Problema 3

Solo para fijar ideas, veremos el caso del transformador estrella – delta (en particular, revisaremos un transformador Yd9, aunque para efectos de este problema no era necesario especificar nombre de las fases y podríamos olvidarnos de estas).

Transformadores monofásicos: 50 MVA, 63.51/6,93 kV.

Potencia : $S_{\text{Trifásico}} = 3 \cdot S_{\text{Monofásico}} = 3 \cdot 50 = 150 \text{ MVA}$

Conexión:

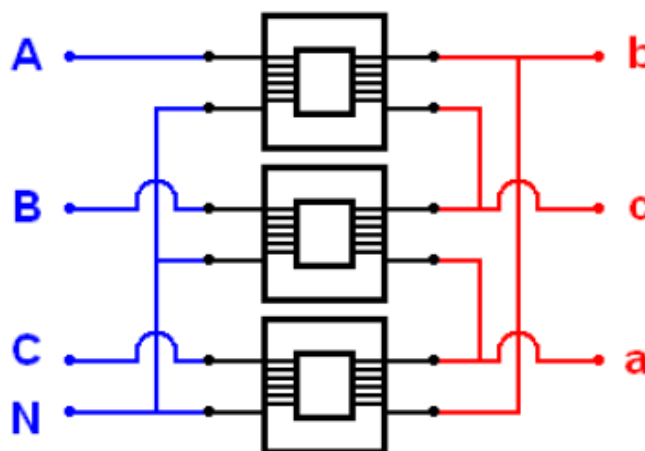
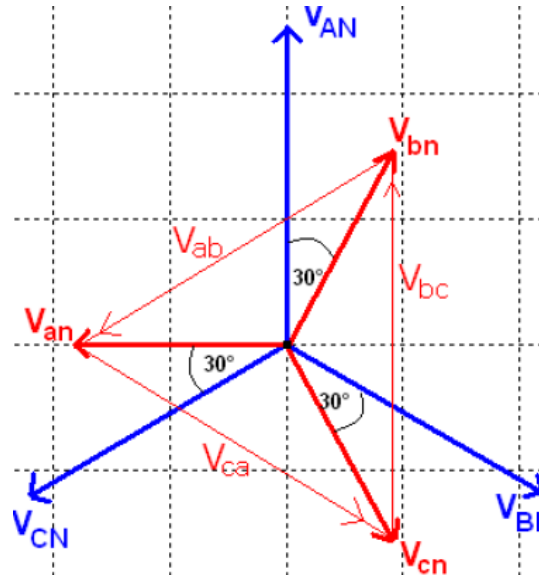


Diagrama fasor:



Notar que los subíndices en mayúscula denotan el primario (AT) en estrella.

Razón de transformación : En un transformador trifásico especificamos las tensiones fase – fase.

Lado estrella: Cada bobina puede soportar una tensión de 63.51 kV. Una bobina está sometida a tensión fase – neutro. Luego la tensión entre fases será $63.51 \cdot \sqrt{3} = 110$ kV

Lado delta: cada bobina soporta 6.93 kV. La bobina está sometida a tensión entre fases. Luego, la tensión secundaria es directamente 6,93 kV.

Entonces:

$$\text{Razón} = 110 \text{ kV} / 6,93 \text{ kV}.$$

Corriente de enrollado. Dada la potencia de un transformador monofásico y su nivel de tensión, se puede obtener las corrientes de enrollado.

$$I_{AT}(\text{enrollado}) = S_{\text{mono}} / V_{fn} = 50000000 / 63510 = 787,28 \text{ A}$$

$$I_{BT}(\text{enrollado}) = S_{\text{mono}} / V_{fn} = 50000000 / 6930 = 7215,01 \text{ A}$$

Corriente de línea:

$I_{AT}(\text{línea}) = I_{AT}(\text{enrollado})$ pues el enrollado está en serie con la línea (estrella).

De todas formas, es general que $S_{\text{Trifásico}} = 3 \cdot V_{fn} \cdot I_L = \sqrt{3} \cdot V_{ff} \cdot I_L$. Podemos despejar la corriente de línea.

$$I_{BT}(\text{línea}) = 150000000 / (\sqrt{3} \cdot 6930) = 12496.76 \text{ A}.$$